

RAONÍ VOLANSKI TEIXEIRA NETTO

**TAXA METABÓLICA DE REPOUSO: REAÇÕES DO ORGANISMO NO PERÍODO
DE RECUPERAÇÃO**

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Bacharelado em *Educação Física*, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. Orientador: Professor Ph.D. Tácito Pessoa de Souza Junior.

**CURITIBA
2010**

**Dedico este trabalho àqueles que mais
trabalharam para que ele se
concretizasse: meus Pais.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a Vanilde, Clovis, Paula, Marina e o sobrinho André.

RESUMO

No combate à obesidade, vários estudos vêm tentando manipular a prática de exercícios físicos para maximizar o gasto calórico diário. Isso pode ser conseguido pelo gasto que ocorre pelo próprio trabalho do corpo na prática, ou por ajustes realizados pelo organismo para sua recuperação. Como combustível para o exercício, o organismo utiliza carboidratos, proteínas e gordura. Para que o emagrecimento seja saudável, é importante que ocorra a redução de gordura, e não necessariamente a perda de peso. Dois componentes em especial colaboram com grande parte do gasto calórico: a taxa metabólica de repouso e o exercício físico. Sabe-se que a taxa metabólica de repouso é influenciada por diversos fatores, assim como o EPOC se comporta de forma diferente quando se alteram as variáveis do exercício. Isso torna difícil a confirmação de teorias que tentam provar que a musculação pode reduzir a quantidade de gordura corporal. Apesar de resultados favoráveis a essa teoria, é necessário o aprimoramento metodológico, para que estudos venham a comprovar ou negar tais ideias.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO.....	4
1 INTRODUÇÃO	7
1.1 Objetivos	8
1.1.1 Gerais.....	8
1.1.2 Específicos	9
2 REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1 Substratos energéticos para o exercício	10
2.1.1 ATP	10
2.1.2 Carboidratos	11
2.1.3 Lipídios	12
2.1.4 Proteínas	14
2.2 Balanço Energético	15
2.3 Gasto calórico	15
2.3.1 Efeito térmico dos alimentos	15
2.3.2 Exercício físico	16
2.3.2.1 Transição do repouso ao exercício.....	17
2.3.2.2 Exercício intenso de curta duração	17
2.3.2.3 Exercício Prolongado	18
2.3.3 Taxa metabólica basal (TMB).....	18
2.4 Fatores que influenciam a TMB.....	20
2.4.1 Dimensão e composição corporais.....	20
2.4.2 Idade	20
2.4.3 Atividade física	21
2.4.4 Outros fatores influentes	21
2.5 Débito de oxigênio / EPOC.....	22
2.7 Componentes do EPOC	23
2.7.1 Componente rápido	23
2.7.2 Componente lento	24
2.7.3 Componente ultra-lento	25
2.8. Efeito das variáveis de treinamento no EPOC	25
2.8.1 Número de séries	26

2.8.2 Intervalo de recuperação	26
2.8.3 Intensidade de carga	27
2.8.4 Velocidade de Contração	27
2.8.5 Ordem dos exercícios.....	27
3 DISCUSSÃO	28
4 CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

O corpo humano é regulado por mecanismos bioquímicos e fisiológicos extremamente complexos. Todavia, a realidade acadêmica atual não permite que os estudantes das diversas áreas de saúde tenham uma formação adequada, principalmente, nesses dois campos. O resultado disso é o ingresso de profissionais despreparados no mercado de trabalho, que acabam orientando seus clientes com informações equivocadas e, até mesmo, perigosas.

Na Educação Física, os reflexos dessa situação aparecem evidentes nas academias. Por diversos motivos, principalmente sociais e psicológicos, pessoas procuram esses ambientes para tentar melhorar a estética corporal. Seus instrutores por desconhecimento, e às vezes desonestidade, indicam vários suplementos e elaboram treinos sem base científica para justificá-los.

O presente estudo deve ser encarado como um início, um estímulo à busca do conhecimento necessário para se trabalhar com esse tipo de público, sobretudo os obesos.

A obesidade, o sedentarismo e suas consequências estão entre os principais problemas de saúde atuais. Isso parece ser justificável pelo descompasso entre a adaptação humana e a evolução tecnológica impulsionada pela revolução industrial.

Até o final do século XIX, início do século XX, o trabalho era essencialmente físico. Além disso, tecnologia de produção de alimentos era extremamente simples.

A partir da revolução tecnológica ocorrida no século passado, as máquinas passaram a substituir o ser humano em boa parte dos trabalhos físicos; havendo, conseqüentemente, aumento da demanda de trabalho intelectual. Essa situação acabou por diminuir o gasto energético médio diário da população.

Entretanto, simultaneamente ao aumento da produção de alimentos, diminuiu-se sua qualidade nutricional. Aumentando excessivamente a ingestão calórica média diária da população.

Somada a essa situação social, existe ainda uma tendência biológica ao acúmulo de gordura. Isso se deve a sua eficiência energética, assim como à capacidade quase ilimitada do organismo de estocar energia dessa forma. Portanto, seguindo o princípio da eficiência bioquímica, o excesso de energia obtido na alimentação tende a ser acumulado no tecido adiposo.

Além da gordura, podem ser usados como substrato para o exercício físico, os carboidratos e as proteínas. Destaca-se aqui a importância daqueles durante a prática de atividade física, por serem fontes rápidas de energia e, também, por serem utilizados como intermediários na oxidação dos ácidos graxos. Consequentemente, deve haver sempre um bom estoque de glicogênio, tornando essencial a adequada nutrição dos praticantes de atividades física.

Por todos os motivos expostos, constata-se a dificuldade do combate à obesidade. Portanto, é imprescindível o estudo dos mecanismos de estoque e uso das reservas energéticas do corpo humano; assim como o estudo da manipulação do balanço energético.

A atividade física influi nesse balanço não só pelo gasto calórico que acarreta, mas também porque aumenta a taxa metabólica de repouso (TMR) no período de recuperação. Esse efeito do exercício é identificado através do aumento do consumo de oxigênio após o exercício, recebendo o nome de EPOC, cujo significado traduzido do inglês é: excesso de consumo de oxigênio pós-exercício.

Por ser uma forma de aumentar o gasto energético diário, e por estudos mostrarem que a predominância de gasto de energia nesse período ser através de oxidação de lipídios; existe grande interesse científico no EPOC.

Várias pesquisas já foram realizadas na tentativa de aprender a manipular esse fenômeno, principalmente através de modificações nas variáveis do exercício, como duração, intensidade e duração.

Os resultados dos estudos, entretanto, são divergentes. Isso parece ser consequência das diferenças metodológicas, principalmente no que diz respeito à medição da taxa metabólica de repouso. Essa medição torna-se difícil, pois a TMR sofre influência de vários fatores, que se não controlados, podem influenciar significativamente os resultados.

1.1 Objetivos

1.1.1 Gerais

- Compreender o funcionamento do metabolismo, principalmente aqueles que influenciam o balanço energético.

1.3.2 Específicos

- Verificar a possibilidade de redução da massa gorda devido à musculação;
- Comparar o gasto calórico após o exercício contra-resistido às recomendações da ACSM;
- Entender o comportamento da taxa metabólica de repouso após as sessões de treinamento;
- Discutir a conveniência da prática da musculação no combate ao sedentarismo e à obesidade

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Substratos energéticos para o exercício

O primeiro passo para entender a obesidade, bem como os métodos para combatê-la, é entender a bioquímica desse processo. Antes de tudo, deve-se compreender quais as formas de energia utilizadas pelo organismo, como ele as armazena e as utiliza.

O corpo humano utiliza carboidratos, lipídios e proteínas como principais fontes de energia. Uma vez que cada um desses compostos orgânicos apresenta características diferentes, estes são utilizados em processos, em quantidade e de formas diferentes.

Após os processos de quebra desses compostos, alguma quantidade de energia será disponibilizada para uso, na forma de adenosina trifosfato. Porquanto o ATP é a forma mais básica de armazenamento de energia, nos humanos, seu estudo merece aprofundamento.

2.1.1 ATP

A estrutura do ATP consiste em três partes principais: uma porção de adenina, uma porção de ribose e três fosfatos ligados. Sua formação ocorre a partir da combinação do difosfato de adenosina (ADP) e do fosfato inorgânico. (POWERS; HOWLEY, 2004, p. 30).

Para Freitas e Marangon, a adenosina trifosfato é a energia comum utilizada para todo o trabalho biológico que ocorre dentro das células. Já para Powers e Howley (2004), embora o ATP não seja a única molécula transportadora de energia da célula, ele é o mais importante.

O exercício físico demanda intenso consumo de trifosfato de adenosina (ATP), que pode aumentar em até dezenas de vezes dependendo da intensidade e duração do esforço. Para ressíntese desse material existem três sistemas: o da

fosfocreatina, glicólise e a fosforilação oxidativa. (CURI; LAGRANHA; PROCOPIO, 2004, p. 136).

“As células musculares podem produzir ATP por qualquer uma ou pela combinação das três vias metabólicas celulares”. (POWERS; HOWLEY, 2004, p. 31)

- a) Formação de ATP por meio da degradação do fosfato de creatina. As células musculares, contudo, armazenam somente pequenas quantidades de fosfato de creatina, sendo esta uma fonte limitada de ATP.
- b) Formação de ATP por meio da degradação da glicose ou glicogênio (glicólise). Esse processo forma ácido pirúvico ou ácido láctico.

Essas duas primeiras formas de produção são denominadas vias anaeróbicas de produção de ATP.

- c) A terceira forma é chamada de formação oxidativa do ATP, e envolve a interação de duas vias metabólicas cooperativas: o ciclo de Krebs e a cadeia transportadora de elétrons. Por usar oxigênio, essa terceira via é chamada de aeróbica.

2.1.2 Carboidratos

Os carboidratos são compostos por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio. Armazenados, provêem o corpo com uma forma de energia rapidamente disponível: um grama de carboidrato fornece cerca de 4 kcal. de energia. Esse composto existe sob três formas: (POWERS; HOWLEY, 2004, p. 28-29)

- a) Monossacarídeos: são açúcares simples, como glicose e frutose;
- b) Dissacarídeos: combinação de dois monossacarídeos. São exemplos a maltose e a sacarose;

- c) Polissacarídeos: contêm três ou mais monossacarídeos. Em geral são classificados em vegetais, como celulose ou amido; e animais, como o glicogênio.

Glicogênio é o termo utilizado para os polissacarídeos estocados no tecido animal. As moléculas de glicogênio geralmente são grandes e podem consistir em centenas a milhares de moléculas de glicose. Para utilização dessas moléculas ocorre a glicogenólise. Termo utilizado para denominar o processo de quebra do glicogênio em glicose. (POWERS; HOWLEY, 2004, p. 29).

Por ser uma reserva energética limitada, a ingestão diária de carboidratos deve ser suficiente para manter os estoques corporais de glicogênio. Visto que a principal função dos carboidratos consiste em funcionar como combustível energético, particularmente durante o exercício. No exercício de alta intensidade, a maioria da demanda energética é suprida pela energia que se torna disponível pela degradação dos carboidratos. No exercício de intensidade moderada e de duração prolongada, o desempenho comumente é limitado pela disponibilidade dos carboidratos como combustível. (FREITAS; MARANGON, p. 296-297)

Em exercícios prolongados com intensidade de 70% do $VO_{2máx.}$, cerca de 50-60% da energia é suprida pelos carboidratos, com utilização predominante nos primeiros 30-40 minutos do esforço. (CURI; LAGRANHA; PROCOPIO, 2003, p.139)

2.1.3 Lipídios

Em geral os lipídios podem ser classificados em quatro grupos gerais: (POWERS; HOWLEY, 2004, p. 30)

- a) Ácidos graxos: são o principal tipo de gordura utilizada pelas células musculares como fonte de energia. São armazenados como triglicerídeos;
- b) Triglicerídeos: compostos por três moléculas de ácidos graxos e uma de glicerol, podem ser utilizados por vários tipos de células, incluindo o músculo esquelético;

- c) Fosfolípidos: não são utilizados como fonte energética pelos músculos esqueléticos durante o exercício. Seu papel biológico varia da provisão da integridade estrutural da membrana celular até a provisão de uma bainha de isolamento em torno das fibras nervosas;
- d) Esteróides: também não são utilizados como fonte de energia durante o exercício. O esteróide mais comum é o colesterol, que possui muitas funções biológicas, apesar de níveis sanguíneos elevados desse composto serem prejudiciais;

Os lipídios armazenados representam a fonte corpórea mais abundante de energia potencial. São, dessa forma, uma fonte praticamente ilimitada e eficiente. Por esses e diversos outros motivos, entre eles o princípio de conservação de energia, todo excesso proveniente da alimentação, incluindo gorduras, carboidratos e proteínas, é armazenado na forma de TG.

As fontes de AG para utilização nos músculos esqueléticos são o TG do tecido adiposo, o TG dos quilomicrons e lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) circulantes, e o TG do próprio tecido muscular que pode atingir uma quantidade de cerca de 400g em indivíduos treinados. (CURI; LAGRANHA; PROCOPIO, 2003, p.139).

Uma vez que os ácidos graxos representam a fonte predominante de combustível para a produção aeróbica de ATP em repouso e durante atividade de leve a moderada. É importante que a utilização do TG proveniente do tecido adiposo seja a maior possível, quando se visa ao emagrecimento". (CURI; LAGRANHA; PROCOPIO, 2003, p.139).

Essa preferência dos músculos esqueléticos pelos AG é muito importante em exercícios físicos de longa duração, já que os lipídios armazenados no organismo na forma de triacilglicerol (TG) representam o principal estoque de energia disponível. Por outro lado, o glicogênio, imprescindível durante o exercício físico, possui um estoque relativamente limitado, que necessita ser preservado para continuar sendo utilizado concomitantemente aos AG, porém em menor proporção, até o final do esforço. Nos exercícios físicos de longa duração, é imprescindível que a utilização do estoque abundante de TG/AG seja a maior possível justamente para que a quebra do glicogênio muscular e a oxidação de glicose circulante sejam as menores

possíveis. Além da utilização dos AG durante o exercício, no período de recuperação, quando o estoque de glicogênio está acentuadamente diminuído e a atividade metabólica continua aumentada, os AG constituem o principal substrato energético utilizado. (CURI; LAGRANHA; PROCOPIO, 2003, p.136)

Essa afirmação reforça a idéia de que o gasto calórico devido ao EPOC tem como fonte energética os ácidos graxos.

2.1.4 Proteínas

As proteínas são compostas por aminoácidos. Podem contribuir com a energia para o exercício de duas maneiras: (POWERS; HOWLEY, 2004, p.30)

- a) O aminoácido alanina pode ser convertido em glicose no fígado, o qual pode ser utilizado para sintetizar o glicogênio.
- b) Muitos aminoácidos podem ser convertidos em intermediários metabólicos nas células musculares.

Existe uma significativa preocupação quanto à inibição do uso de proteínas como fonte de energia para o exercício. Visto que a utilização desse substrato pode acarretar perda de massa muscular. Como se sabe, a perda de peso desejável é o resultado da máxima redução de gordura corporal e de mínima perda de massa magra.(FRANCISCHI; et al., 2001, p. 120).

A desintegração protéica acima do nível de repouso ocorre durante o exercício com treinamento tanto de endurance quanto de resistência, em grau maior do que se acreditava antigamente. Isso comprova a importância da dieta rica em carboidratos como meio de conservar a proteína muscular para os atletas que participam de treinamento prolongado e intensivo.(FREITAS, p.300).

Segundo Powers e Howley (2004), as proteínas contribuem com menos de 2% do substrato utilizado no exercício com menos de uma hora de duração, isso considerando indivíduos saudáveis, com dieta balanceada.

2.2 Balanço Energético

Segundo Rodrigues et al. (2008), existem dois fatores que estão intimamente relacionados à obesidade:

- a) elevada ingestão calórica (IC) e
- b) estilo de vida sedentário.

Ambos são responsáveis pelo desequilíbrio no balanço energético (BE).

Se por um lado o BE torna-se mais positivo com a ingestão de alimentos, por outro lado, pode torna-se mais negativo devido a três fatores (MEIRELLES; GOMES, 2004, p. 123)(LIRA; JULIO; FRANCHINI, 2007, p. 402):

- a) Efeito térmico dos alimentos;
- b) Atividade física e;
- c) Metabolismo de repouso.

Esses três componentes do gasto calórico total diário serão mais bem explorados a seguir.

2.3 Gasto calórico

2.3.1 Efeito térmico dos alimentos

O processo de digestão dos alimentos envolve a ativação de vários órgãos, aumento do fluxo sanguíneo, além da dinâmica de transporte do alimento pelo trato digestivo e dos nutrientes para o corpo.

O trabalho do organismo para digerir o que ingerimos exige energia. O efeito térmico dos alimentos refere-se ao aumento da taxa metabólica acima dos valores

de repouso em resposta ao consumo de uma refeição e corresponde a aproximadamente 10% do gasto energético total. (MEIRELLES, 2004, p. 123).

A partir do conhecimento desse efeito termogênico, torna-se plausível a possibilidade de manipulação do gasto energético através da dieta alimentar.

Algumas hipóteses foram criadas, imaginando que dietas ricas em proteínas gerassem maior gasto calórico durante várias horas. Soares et al. (1988) conduziram um estudo em homens que receberam dietas iso-energéticas por três dias, porém com quantidades diferenciadas de proteína (0,9; 1,2 e 1,5g/kg/dia) para cada dia, com a TMB sendo medida no dia seguinte, após 12 horas de jejum. Os autores não observaram nenhum efeito da dieta sobre a TMB. (apud WAHRLICH; ANJOS, 2001, p.807).

Contraditoriamente, segundo Poehlman & Melby (1998) a magnitude e duração desse efeito depende de vários fatores como o conteúdo calórico e a composição dos alimentos (quantidade e tipos de nutrientes). (apud OLIVEIRA, 2007, p. 12).

O cuidado com o controle da ingestão de alimentos é uma importante questão metodológica. Medições de taxa metabólica de repouso e especulações sobre o efeito EPOC podem sofrer significativa influência desse fator, superestimando os resultados.

2.3.2 Exercício físico

Movimentar-se é realizar trabalho. Trabalho este devido à contração muscular. Sabe-se através da física que todo trabalho dispende energia mecânica. Não diferente, o corpo humano eleva seu gasto calórico como consequência do exercício físico.

A atividade física é o componente mais variável e diz respeito ao gasto energético necessário à atividade muscular esquelética. Em sedentários, representa aproximadamente 15% do gasto energético total, enquanto em indivíduos fisicamente ativos, pode chegar a compreender 30%. (MEIRELLES, 2004, p. 123)

Nesse ponto é importante entender como organismo reage às diferentes fases e tipos de exercícios.

2.3.2.1 Transição do repouso ao exercício

A primeira providência tomada pelos músculos esqueléticos, quando se começa o exercício, é o aumento da taxa de produção de ATP. Essa energia necessária pode ser disponibilizada pelas vias anaeróbicas e aeróbicas. Segundo Powers e Howley (2004), existem muitas evidências que mostram que, no início do exercício, o sistema ATP-CP é a primeira via bioenergética ativa, seguida pela glicólise e finalmente, pela produção aeróbica de energia.

O que acontece, na prática, devido a essa seqüência, é que o consumo de oxigênio não aumenta instantaneamente ao se iniciar o exercício, levando a um déficit de oxigênio. Segundo Powers e Howley (2004), o termo déficit de oxigênio se aplica ao retardo do consumo de oxigênio no início do exercício. Especificamente, esse déficit é definido como a diferença entre o consumo de oxigênio nos primeiros minutos de exercício e um período de tempo igual após o estado estável ter sido obtido.

É, ainda, relevante a existência de uma diferença do consumo de oxigênio no início do exercício entre indivíduos treinados e não treinados. Isso revela que aqueles apresentam menor déficit de oxigênio em comparação a estes. Em outras palavras, indivíduos bem treinados parecem apresentar maior capacidade bioenergética aeróbica se comparados a indivíduos não treinados. Isso parece resultado dos ajustes cardiovasculares ou musculares promovidos pelo treinamento. (POWERS; HOWLEY, 2004, p. 52).

2.3.2.2 Exercício intenso de curta duração

Devido à origem da energia para esse tipo de exercício ser essencialmente das vias metabólicas anaeróbicas, são popularmente chamados de “exercícios anaeróbicos”.

A proporção de energia fornecida por ATP-PC ou pela glicólise depende primariamente da duração da atividade. Em eventos com duração de um a cinco segundos, o sistema ATP-PC consegue suprir quase totalmente o ATP necessário.

A partir de cinco ou seis segundos, começa a ser utilizada a glicólise. Os eventos com mais de 45 segundos utilizam uma combinação dos três sistemas energéticos (sistema ATP-PC, glicólise e sistemas aeróbicos). Em geral, o exercício intenso com aproximadamente sessenta segundos utiliza a produção de energia de 70%/30% (anaeróbica/aeróbica), enquanto os eventos com dois minutos utilizam as vias metabólicas anaeróbicas e aeróbicas de uma maneira quase similar para suprir o ATP necessário. (POWERS; HOWLEY, 2004, p. 55).

2.3.2.3 Exercício Prolongado

A energia para a realização do exercício prolongado (> 10 minutos) é originária, sobretudo, do metabolismo aeróbico. Durante o exercício prolongado de baixa intensidade, pode ser mantido um estado estável do consumo de oxigênio.

Durante esse tipo de exercício, ocorre um desvio gradual do metabolismo dos carboidratos em direção à utilização da gordura como substrato. Esse fenômeno ocorre, entre outros motivos, devido ao aumento do nível sanguíneo de adrenalina, que estimula a lipólise. Como resultado, aumentam-se os níveis sanguíneo e muscular de ácidos graxos livres e promove-se o metabolismo de gorduras. Por outro lado, a insulina tem o efeito contrário. Se houver consumo de uma refeição ou bebida ricas em carboidratos de 30 a 60 minutos antes do exercício, a glicemia aumenta e mais insulina é liberada pelo pâncreas. Esta elevação da insulina sanguínea acarreta diminuição da lipólise e redução do metabolismo das gorduras. (POWERS; HOWLEY, 2004, p. 55-60).

2.3.3 Taxa metabólica basal (TMB)

O primeiro ponto a ser comentado acerca desse tema é a diferença de significados entre os termos “Taxa metabólica basal” e “Taxa metabólica de repouso”.

Powers e Howley (2004) definem a taxa metabólica basal como a taxa de gasto energético mensurado sob condições padronizadas.

A TMB, por definição, deve ser medida controlando-se vários fatores, alguns óbvios, como a atividade física prévia, a ingestão alimentar, a temperatura e o nível de ruído ambiental; outros mais sutis, como o tabagismo e o período no ciclo menstrual. Quando a medição é realizada sem o controle destes fatores, costuma-se chamar o valor obtido de taxa metabólica de repouso. (WAHRLICH; ANJOS, 2001, p. 805)

Como a diferença entre as expressões reside principalmente nos protocolos de medição, a quase totalidade das obras as trata como sinônimas, exceto quando se faz necessário um contraste específico entre elas.

Explicadas as diferenças terminológicas, faz-se necessário uma definição conceitual da taxa metabólica basal. Wahrlich e Anjos (2001) a definem como “a quantidade de energia necessária para manutenção das funções vitais do organismo”.

Devido ao complexo funcionamento do organismo, a TMB é o principal componente do gasto energético diário, podendo representar de 50% (nos indivíduos muito ativos fisicamente) a 70% (nos mais sedentários) do total de energia gasta diariamente. Nota-se, assim, a grande quantidade de energia demandada para as funções vitais do organismo. (WAHRLICH; ANJOS, 2001, p. 802).

Sabendo-se que a taxa metabólica basal representa o maior percentual do gasto energético diário de um indivíduo, muitos pesquisadores têm se interessado em identificar intervenções que possam potencializar o aumento dessa taxa. Facilitando, dessa maneira, a perda de peso. (DOLEZAL; POTTEIGER, 1998, p.695).

Apesar de vários estudos feitos sobre o assunto, os resultados são divergentes. A taxa metabólica basal é suscetível a influências diversas. Justamente por isso, torna-se difícil o consenso, sem protocolos bem definidos para as mensurações.

O principal motivo das discrepâncias encontradas nos estudos resulta da falta de um padrão metodológico para as pesquisas, indicando que as diferenças encontradas são provavelmente fruto da falta de protocolos bem definidos. (CASTINHEIRAS NETO; et. al., 2009).

A padronização de protocolos somente será bem sucedida a partir do estudo do comportamento da TMB em reação aos diversos fatores que a influenciam.

2.4 Fatores que influenciam a TMB

2.4.1 Dimensão e composição corporais

A TMB parece ser diretamente proporcional à massa corporal. Todavia, essa relação depende da composição corporal. A massa corporal apresenta uma correlação quase sempre elevada com a TMB, mas que varia bastante. A massa corporal engloba tecidos de diversas atividades metabólicas, como a gordura corporal, que apresenta um consumo de oxigênio desprezível, e a massa livre de gordura, componente da massa corporal responsável pelo maior consumo de oxigênio. (WAHRLICH; ANJOS, 2001, p. 805)

Fazendo parte da massa livre de gordura, as vísceras e os músculos esqueléticos são responsáveis pela maior porção da taxa metabólica basal. As vísceras correspondem entre 20 e 30% da massa corporal de um adulto saudável, sendo responsáveis por quase 60% da TMB. A massa muscular, que representa a maior parte da massa corporal, é responsável por apenas 20%, no máximo 25%, do consumo de oxigênio em condições basais. (WAHRLICH; ANJOS, 2001, p. 805).

Reforça-se aqui, a grande demanda energética do organismo para manutenção de suas funções vitais, tornando-se evidente a necessidade de atenção à alimentação adequada e balanceada.

2.4.2 Idade

Evidências sugerem que a taxa metabólica basal decresce com a idade. Isso parece ser um reflexo das alterações na composição corporal que ocorrem com o envelhecimento, tais como a diminuição da massa muscular e o aumento da massa

de gordura, sem, aparentemente, modificação na massa visceral. (WAHRLICH; ANJOS, 2001, p. 806)

2.4.3 Atividade física

Hipoteticamente, a atividade física pode influenciar a TMB de duas formas: aumentando a massa magra corporal; e recuperando o organismo. Segundo Powers e Howley (2004), é indubitável que a taxa metabólica de repouso fica elevada após o exercício. As questões estão relacionadas a quanto e durante quanto tempo ela permanece elevada e em qual extensão contribui para o consumo energético diário.

Não há consenso quanto a essas questões, principalmente, devido às diferenças metodológicas dos estudos, principalmente quanto aos critérios para a quantificação de elementos importantes para a definição do gasto calórico. (CASTINHEIRAS NETO; et. al., 2009, p. 71).

Apesar de os estudos não serem conclusivos quanto à relação entre o condicionamento físico e TMB, especula-se que a prática de atividade física regular possa aumentar a TMB em consequência da adaptação crônica ao exercício, visto que foi encontrada uma correlação positiva entre a TMB e o consumo máximo de oxigênio (VO₂ máximo). O aumento na TMB, no entanto, parece ocorrer apenas em atletas altamente treinados. (WAHRLICH; ANJOS, 2001, p. 806)

Foi demonstrado que indivíduos treinados possuem taxa metabólica de repouso maior do que os não treinados somente quando realizam exercício intenso e consomem calorias suficientes para manter o balanço energético. Isso sugere que a maior taxa metabólica de repouso dos indivíduos treinados não se deve às adaptações crônicas associadas ao treinamento, mas ao maior fluxo de energia associado ao treinamento e à dieta. (POWERS; HOWLEY, 2004, p. 378).

Dessa forma, os impactos do exercício na taxa metabólica de repouso necessitam de mais estudos, que sejam preferencialmente voltados ao combate à obesidade e ao sedentarismo.

2.4.4 Outros fatores influentes

Wahrlich e Anjos (2001) recomendam que os seguintes itens também sejam observados para as medições da taxa metabólica basal:

a) Dieta: Como já explicado, a presença do alimento no trato gastrointestinal eleva o gasto energético pela ação dinâmica dos alimentos;

b) Clima: Acreditava-se que a TMB seria diferente em populações residentes em diferentes regiões do mundo. Entretanto, crescem as evidências de que as diferenças climáticas, regionais e, talvez, étnicas não parecem influenciar o metabolismo basal;

c) Tabagismo: a nicotina contida no cigarro parece elevar a TMB, embora prejudicial à saúde;

d) Ciclo menstrual: Não há consenso quanto ao comportamento da TMB durante o ciclo menstrual. Portanto, é recomendável a padronização quanto ao período em que são realizadas as medições de TMB ou TMR.

2.5 Débito de oxigênio / EPOC

Vários autores, a exemplo de Powers e Howley (2004) definem os termos “débito de oxigênio” e “EPOC” como sinônimos. De fato, os termos são bastante próximos, porém os estudos recentes têm creditado à expressão “EPOC” melhor indicação ao que de fato ocorre no organismo.

O termo débito de oxigênio surgiu para explicar a hipótese criada por alguns autores, de que o aumento no VO_2 após o exercício devia-se ao déficit de oxigênio gerado pelo exercício. Segundo esses autores, a necessidade de O_2 do organismo era maior que a quantidade suprida pelo organismo. O que geraria uma lacuna a ser preenchida após o exercício. Entretanto, o que se verificou anos mais tarde, é que o

consumo de oxigênio após o exercício não é igual a essa lacuna, e nem mesmo é relacionada a ela. (OLIVEIRA, 2007, p.20).

Durante o período de recuperação pós-exercício físico, o consumo de oxigênio (VO_2) está elevado para ajudar a restaurar os processos metabólicos às condições pré-exercício, ou seja, ajudar no retorno à homeostase orgânica. (OLIVEIRA, 2007, p.17).

Dessa forma, o EPOC é um importante marcador para identificar a reação do corpo durante o período de recuperação.

2.7 Componentes do EPOC

O EPOC é causado por vários fatores, os quais podem ocorrer em momentos distintos. Alguns estudos enumerados por Oliveira (2007) dividem o período subsequente ao exercício em duas fases, denominadas rápida e lenta (ou prolongada). Já Matsuura, Meirelles e Gomes (2006) dividem as fases pós exercício em rápida, lenta e ultra lenta.

Ainda que não exista consenso na duração dessas fases, o mais importante é diferenciar o que acontece no organismo em cada etapa.

2.7.1 Componente rápido

A fase rápida do EPOC é o período de tempo imediatamente subsequente ao exercício. Contudo, não há consenso na duração dessa etapa. Para alguns autores, o componente rápido do EPOC possui uma duração de aproximadamente uma hora. Para outros, a fase rápida pode durar entre dez segundos a poucos minutos. (OLIVEIRA, 2007, p.21).

Logo após o fim do exercício, vários processos ocorrem no corpo. Segundo Castinheiras Neto, et al. (2004), no componente rápido, o reabastecimento dos estoques de oxiemoglobina e oximioglobina, a restauração dos fosfagênios e a energia necessária para a reconversão do lactato em glicogênio explicariam ate

metade do EPOC em sua fase rápida. Fatores como o aumento da temperatura corporal, a manutenção de circulação hipercinética ou a ventilação elevada também poderiam ter relação com maior consumo de oxigênio na primeira hora subsequente a uma sessão de treinamento com ECR.

A ressíntese do ATP e da fosfocreatina é um dos processos metabólicos mais citados como fator associado ao EPOC. Esse processo ocorre essencialmente por mecanismos oxidativos, ou seja, dependentes de oxigênio. Aproximadamente 70% do ATP depletado durante o exercício é ressintetizado durante os primeiros trinta segundos após o exercício. O restante é recuperado entre os três e cinco minutos de recuperação. Estima-se que a ressíntese de glicogênio através do lactato contribua com até 20% do EPOC. Entretanto essas estimativas necessitam de cautela, pois é difícil a determinação correta do lactato. Além disso, contrariando estudos antigos, sabe-se hoje que cerca de 65%, apenas, do lactato produzido no músculo é oxidado via Ciclo de Krebs e transporte de elétrons, enquanto o restante destina-se a neoglicogênese, produção de proteínas ou são excretadas. Parece, portanto, que essa contribuição ao EPOC é menor do que se pensava. (OLIVEIRA, 2007, p.52)

Segundo Matsuura, Meirelles e Gomes (2006), a contribuição total da restauração da oxihemoglobina e da oximioglobina é de cerca de 0,3 L O₂, sendo que tal processo acontece em poucos minutos. Especificamente quanto à restauração de oximioglobina, esta pode durar entre dez e oitenta segundos.

2.7.2 Componente lento

Após a fase rápida, o consumo de oxigênio sofre uma queda, mas continua acima dos níveis normais. Fatores como o aumento da temperatura corporal, a manutenção de circulação hipercinética ou a ventilação elevada também poderiam ter relação com maior consumo de oxigênio na primeira hora subsequente a uma sessão de treinamento com ECR. Além disso, associam-se ao componente lento do EPOC o metabolismo dos ácidos graxos, maior catecolanemia, presença do cortisol e dano muscular reativo a estratégias de treinamento, dentre outras variáveis que podem justificar EPOC aumentado por vários dias. (CASTINHEIRAS NETO et al., 2009, p. 71)

A temperatura corporal é diretamente responsável pelo consumo de oxigênio, uma vez que a atividade enzimática aumenta em temperaturas fisiológicas mais elevadas. Isso ocorre em exercícios contra resistidos, os quais aumentam a temperatura central e muscular. (MATSUURA; MEIRELLES; GOMES, 2006, p. 302).

A principal contribuição da atividade simpática sobre o EPOC parece estar nos processos metabólicos e bioquímicos estimulados durante o exercício, que são lentamente revertidos após o término do mesmo, inclusive na ausência de uma maior atividade simpática nesse período. Durante o exercício, as catecolaminas estimulam a glicogenólise, glicólise e lipólise, influenciam a liberação de outros hormônios, e modulam o tônus vascular. Tais aspectos podem ser importantes para a regulação do fluxo sanguíneo e do consumo de oxigênio pelos tecidos após o exercício. (MATSUURA; MEIRELLES; GOMES, 2006, p. 732).

No período de recuperação ocorre uma modificação no predomínio do substrato oxidado, que pode contribuir com 10 a 15% do EPOC. Isso acontece devido ao aumento da oxidação de lipídios, que passam a ser o principal substrato energético durante o período de recuperação. (MATSUURA; MEIRELLES; GOMES, 2006, p. 733).

2.7.3 Componente ultralento

Apenas alguns dos estudos apresentaram uma fase ultra-lenta do EPOC. Isso acontece, porque o componente ultralento parece ocorrer apenas após sessões nas quais um extenso distúrbio à homeostase foi acarretado pelo exercício físico, uma vez que esteve presente após sessões intensas e com um componente excêntrico. (MATSUURA; MEIRELLES; GOMES, 2006, p. 733).

2.8. Efeito das variáveis de treinamento no EPOC

Sabendo-se que o EPOC é afetado pelas variáveis do exercício, descobrir como manipular a intensidade e duração do EPOC é um dos objetivos de diversos

estudos recentes. A seguir, algumas das variáveis estudadas e seus respectivos efeitos no EPOC.

2.8.1 Número de séries

Dois estudos realizados com objetivo específico de verificar a influência no número de séries no EPOC concluíram que essa variável parece não influenciar o EPOC de maneira significativa. A comparação entre outros estudos, que não tem esse objetivo específico, mostra-se inviável devido às diferenças metodológicas existentes entre os estudos, além da influência das demais variáveis de treinamento. (CASTINHEIRAS NETO; et al., 2009, p. 73)

2.8.2 Intervalo de recuperação

Apesar de várias pesquisas sobre essa variável nos exercícios contra-resistidos, principalmente sobre a fadiga muscular, seu efeito sobre o EPOC tem sido pouco estudado.

Castinheiras Neto, et. al. (2004) Afirmam que curtos intervalos de recuperação podem estar associados a maior impacto sobre o EPOC, principalmente em sua magnitude. Já a repercussão dessa variável sobre a duração do EPOC necessita ser mais bem investigada.

2.8.3 Intensidade de carga

A intensidade de carga parece ser a variável que mais influencia o EPOC. Todavia, ainda não é possível apontar uma intensidade ótima para aumentar o consumo de oxigênio após o exercício. A maioria dos estudos sugere que quanto maior a intensidade, maior será o EPOC. Porém algumas pesquisas contradizem

esta afirmação, encontrando valores maiores para intensidades inferiores a 70% de 1 RM. Para a intensidade ter impacto diferenciado sobre o EPOC, as diferenças de sobrecarga nos protocolos experimentais deveriam ser de pelo menos 30% da força máxima voluntária. No entanto, evidentemente, essa possibilidade necessita de confirmação futura. (CASTINHEIRAS NETO; et al., 2009, p. 76).

2.8.4 Velocidade de Contração

Poucos são os trabalhos que estudaram a influência dessa variável no EPOC. Acredita-se esse componente altere o consumo de oxigênio pós exercício uma vez que a manipulação da velocidade de execução no ECR é uma das estratégias aplicadas para modificar a intensidade no treinamento de força. (CASTINHEIRAS NETO; et al., 2009, p. 76).

2.8.5 Ordem dos exercícios

Quando se comparou a influência do modo de prescrição, verificou-se que o treinamento em circuito induziria maior EPOC que o realizado em séries consecutivas. Isso parece acontecer devido ao aumento da fadiga, nos exercícios em circuito, decorrente da diminuição do intervalo de recuperação. (CASTINHEIRAS NETO; et al., 2009, p. 77).

3 DISCUSSÃO

Castinheiras Neto, et. al. (2004) analisaram dezessete artigos, porém dentre eles, apenas um avaliou pessoas não treinadas, outro, ainda, analisou pessoas moderadamente treinadas. Estudar o gasto calórico após o exercício é importante para as populações sedentárias e obesas. Para populações treinadas e ativas, é apenas uma questão nutricional.

Além disso, existe a necessidade mais pesquisas sobre as diferenças metabólicas entre pessoas treinadas e destreinadas. Pois existe a possibilidade de diferentes respostas dessas distintas populações. Segundo Matsuura, Meirelles e Gomes (2006), um outro aspecto que pode influenciar a resposta metabólica ao ECR diz respeito ao nível de treinamento dos indivíduos. Apesar de a taxa metabólica apresentar-se elevada em relação aos valores da linha de base em ambos os grupos (treinados e destreinados) envolvidos no estudo de Dolezal et al., os treinados apresentaram uma resposta significativamente atenuada, quando comparados aos destreinados (~5%).

Apesar de a maioria das pesquisas não encontrarem gasto calórico significativo devido ao EPOC, dois estudos se destacaram pela magnitude encontrada.

Dolezal e Potteiger (1998), autores que estudaram uma população não treinada, encontraram uma longa duração de EPOC, 48h, com gasto total de 768 kcal. Já Shuenke encontrou um gasto de 773 kcal em 3h. (apud CASTINHEIRAS NETO, 2009)

Ainda que haja a possibilidade de falhas metodológicas nesses dois estudos que encontraram maior gasto calórico, não se pode descartar a possibilidade dos dados serem corretos.

Caso corretos, uma conta simples mostra que com três sessões semanais seria possível conseguir um gasto calórico de cerca de 2200 kcal. Hipótese que tornaria esse tipo de treino uma ferramenta útil, no mínimo, ao combate ao sedentarismo. Uma vez que, as recomendações atuais segundo a ACSM incluem a realização, inicialmente, de 30 minutos de atividade física, preferencialmente todos os dias, ou um gasto energético semanal de 1000kcal, progredindo para um gasto energético superior a 2000kcal semanais. (SANTOS; NASCIMENTO; LIBERALI, 2008, p. 35)

Como se pode observar, o gasto calórico pós-exercício só pode ser significativo pelo seu efeito cumulativo, a longo prazo. O EPOC associado à execução de apenas uma sessão de exercícios de força não representa grande impacto no equilíbrio energético, entretanto, seu efeito cumulativo pode ser relevante. Dependendo da seleção de exercícios, da intensidade e da frequência com que esta atividade é realizada, o somatório do custo energético de recuperação da atividade pode ser importante no aumento do gasto energético total, vindo a contribuir no processo de controle ou redução de gordura corporal. (SCUSSOLIN; NAVARRO, 2007, p. 80).

Cabe ressaltar aqui, que não se está comparando a eficiência dos treinos de peso com treinos aeróbicos. O que acontece, de fato, é a sugestão de novos estudos, visando à comprovação dessa magnitude, para que se tenha uma alternativa de treinamento.

Apesar de o treino aeróbico ser o meio mais eficiente de gasto calórico para a perda de peso, não se busca aqui uma competição entre métodos, mas sim uma alternativa. Pensar nessa possibilidade excede a fisiologia. Entram em cena questões psicológicas e até mesmo sociais.

Segundo Santos (2008), a busca por uma melhor qualidade de vida é cada vez mais procurada pela população, sendo a musculação uma atividade que proporciona ao indivíduo uma série de possibilidades de treinamento, e principalmente programas que não exijam um grande tempo de permanência na academia.

Pessoas extremamente destreinadas podem ter dificuldade em fazer treinamentos de longa duração; outras não se sentem motivadas com treinos aeróbicos; além disso, outros benefícios da musculação pesam bastante na escolha. Para Scussolin e Navarro (2007), embora a maioria dos estudos tenha examinado o efeito do exercício aeróbio sobre a perda de peso, a inclusão da musculação mostra vantagens. A musculação é um potente estímulo para aumentar a massa, força e potência muscular, podendo ajudar a preservar a musculatura, que tende a diminuir devido à dieta, maximizando a redução de gordura corporal.

Além do efeito causado pelo EPOC, existe a possibilidade de a musculação levar à perda de massa magra devido a outros fatores não explicados. A partir disso, analisando apenas resultados, algumas pesquisas conseguiram identificar reduções significativas nas quantidades de massa gorda das populações estudadas.

Gettman encontrou redução de 1,3kg (6,3%) da massa gorda. WILMORE não encontrou alterações na massa corporal em homens submetidos a 10 semanas de treinamento com pesos, todavia, modificações significantes foram verificadas na massa magra (+2,4%) e na massa gorda (- 7,5%). HICKSON, após submeter sete homens e uma mulher a 10 semanas de treinamento com pesos, constatou aumento de 1,9 kg (2,5%) na massa corporal e 5,5% de redução na gordura corporal relativa. SANTOS et al. verificaram modificações bastante positivas nos componentes da composição corporal, avaliada por DEXA. Modificações estatisticamente significantes foram verificadas na massa isenta de gordura (aumento de 2,9%) e na gordura corporal relativa e absoluta (redução de 10,2% e 13,4%, respectivamente), no grupo-treinamento, quando comparado ao grupo-controle. Os autores concluíram que o treinamento com pesos pode auxiliar na redução dos depósitos de gordura, pelo menos a médio ou longo prazo. ALEN et al. comprovou a eficiência de 24 semanas de treinamento progressivo com pesos para o aumento da massa corporal (0,7%) e redução na gordura corporal relativa (7,8%). Entretanto, vários outros autores não encontraram diferenças significativas. HUNTER et al. LEMMER et al. MARCINIK et al. MAZZETTI et al. não encontraram alterações significativas na massa gorda. (SANTOS et al., 2002, p. 82)

Segundo, Meirelles e Gomes (2004), tais discrepâncias nos resultados devem-se às inúmeras combinações entre as variáveis relacionadas ao treinamento de força. Tais combinações dificultam a comparação e interpretação dos resultados dos diversos estudos.

Como se pode perceber, o estudo científico do exercício físico está em fase de amadurecimento. As inúmeras controvérsias que surgem, são causadas, em sua grande maioria, por diferenças metodológicas. Não só as técnicas de medições precisam ser aprimoradas, mas também a base conceitual dos diversos fatores que podem interferir nesses resultados.

4 CONCLUSÃO

A prática de musculação, apesar de todas as divergências, mostrou-se uma potencial aliada no combate ao sedentarismo e à obesidade. É possível que essa prática ajude a elevar o gasto energético diário de duas formas: com o aumento da massa magra, elevando a TMB; ou através do EPOC.

Essa contribuição da musculação ao emagrecimento, entretanto, deve ser observada em longo prazo, uma vez que os efeitos citados são desprezíveis para poucas sessões de treinamento.

Esse tipo de exercício também pode ser indicado no tratamento da obesidade devido a outros benefícios, como a prevenção da perda de massa magra, aumento da força muscular, melhor funcionalidade do corpo, prevenção de lesões, melhoria da estética e da qualidade de vida.

Ainda que estudos confirmem as hipóteses de perda de massa gorda pela prática da musculação. Vale lembrar que existem estudos os contradizendo.

Vários estudos mostram que o EPOC parece ser tão pequeno que não seria significativamente influente na perda de peso. Vários outros não conseguiram achar perda de gordura devido à musculação.

Enfim, essas diferenças parecem ser mais fruto da falta de padronização dos métodos do que qualquer efeito fisiológico diverso.

Para confirmar os efeitos dos exercícios contra-resistidos no período de recuperação, bem como o emagrecimento devido a este; deve-se amadurecer e consolidar o conhecimento teórico acerca da taxa metabólica basal e suas medições, além de se realizar estudos, principalmente longitudinais, com consistentes protocolos metodológicos.

REFERÊNCIAS

CASTINHEIRAS NETO, A.G.; DA SILVA, N.L.; FARINATTI, P.T.V.. **Influência das variáveis do treinamento contra-resistência sobre o consumo de oxigênio em excesso após o exercício: uma revisão sistemática.** Revista Brasileira Medicina Esporte. v.15, n.1, p. 70-78. Jan/Fev, 2009.

CURI, R.; LAGRANHA, C. J.; PROCOPIO, J. **Ciclo de Krebs como fator limitante na utilização de ácidos graxos durante o exercício aeróbico.** Arq Bras Endocrinol Metab, v.47, n.2, p. 135-143, 2003.

DOLEZAL BA, POTTEIGER JA 1998 **Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals.** *J Appl Physiol* 85:695–700.

FRANCISCHI, R.P; *et al.* **Exercício, comportamento alimentar e obesidade: revisão dos efeitos sobre a composição corporal e parâmetros metabólicos.** *Rev. Paul. Educ. Fis.*, São Paulo, v. 15, p. 117-140, 2001.

FREITAS, A.L.; MARANGON, A.F.C.. **Consumo excessivo de oxigênio após atividade física – EPOC: uma breve explanação.** *Universitas Ciências da Saúde – vol. 02 n. 02.* p. 291 – 306.

LIRA F, OLIVEIRA R, JULIO U, FRANCHINI E. **Consumo de oxigênio pós-exercícios de força e aeróbio: efeito da ordem de execução.** *Rev Bras Med Esporte, Niterói.* v.13, n.6, p.402-406, 2007.

MATSUURA C, MEIRELLES CM, GOMES, PSC. **Gasto energético e consumo de oxigênio pós-exercício contra-resistência.** *Revista Nutrição Campinas.* 2006;19(6):729-740.

MEIRELLES, C. de M.; GOMES, P. S. C. **Efeitos agudos da atividade contra-resistência sobre o gasto energético: revisitando o impacto das principais**

variáveis. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. v.10, n.2, p. 122- 130. Mar/Abr. 2004.

OLIVEIRA, N.L. **Avaliação do impacto da ordem de diferentes modos de exercício na magnitude e duração do consumo excessivo de oxigênio pós-exercício.** 166 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Desporto) – Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, 2007.

POWERS, S.K.; HOWLEY, E.T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho.** 5. ed. São Paulo: Manole, 2004.

RODRIGUES AE, et al. **Análise da taxa metabólica de repouso avaliada por calorimetria indireta em mulheres obesas com baixa e alta ingestão calórica.** Arq Bras Endocrinol Metab. 2008; p. 76-84.

SANTOS, et al. **Efeito de 10 semanas de treinamento com pesos sobre indicadores da composição corporal.** Revista Brasileira Ciência e Movimento. v. 10 n. 2 p.79-84. Abril 2002.

SANTOS, V.H.A.; NASCIMENTO , W.F.; LIBERALI, R. **O treinamento de resistência muscular localizada como intervenção no emagrecimento.** Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento, São Paulo v.2, n. 7, p. 34-43, Jan/Fev. 2008.

SCUSSOLIN, T.R.; NAVARRO, A.C.. **Musculação, uma alternativa válida no tratamento da obesidade.** Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento, São Paulo v.1, n.6, p.74-83, Nov/Dez. 2007.

WAHRLICH V, ANJOS LA. **Aspectos históricos e metodológicos da medição e estimativa da taxa metabólica basal: uma revisão da literatura.** Cad Saúde Pública 2001; 17:801-17.